

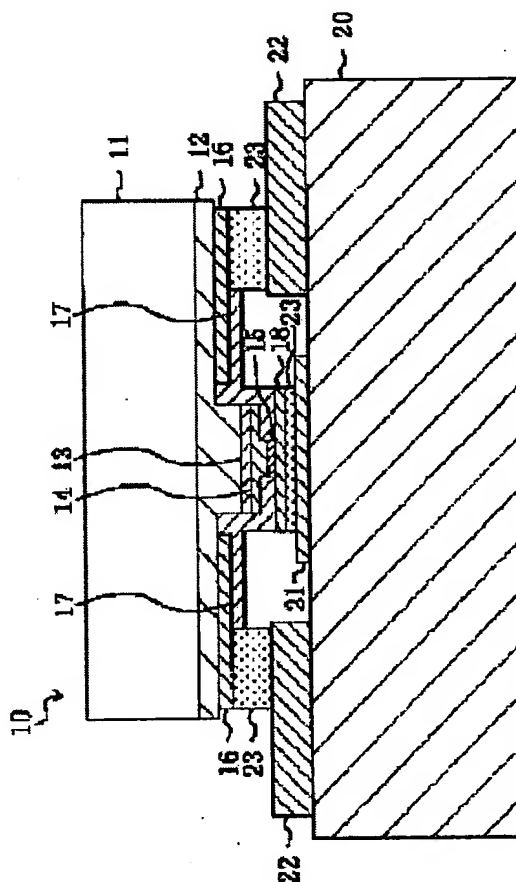
SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

Patent number: JP2000058965
Publication date: 2000-02-25
Inventor: KUME MASAHIRO; KIDOGUCHI ISAO; BAN YUZABURO; KAMIYAMA SATOSHI; TSUJIMURA AYUMI; ISHIBASHI AKIHIKO; HASEGAWA YOSHITERU; MIYANAGA RYOKO
Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
Classification:
- international: H01S5/30
- european:
Application number: JP19980230608 19980817
Priority number(s):

Abstract of JP2000058965

PROBLEM TO BE SOLVED: To readily and surely perform the junction-down bonding of a semiconductor laser element for achieving low resistance and to protect a ridge part when substrate is cleaved.

SOLUTION: At the central part in the epitaxial layer of a substrate 11, a resonator forming part comprising protruding part including an n-type semiconductor layer 12, an active layer 13 and a p-type semiconductor layer 14 is formed. At the upper part of the p-type semiconductor layer 14 at the resonator forming part, the ridge part, whose central part is protruded in the stripe shape, is formed. At the exposed part of the n-type semiconductor layer 12 on the side of the resonator forming part, an n-side electrode 16 made of Ti/Al is formed. The region of the n-side electrode 16 on a side of p-side electrode 15 and the upper surface and the side surface of the resonator forming part other than the p-side electrode 15 are covered with an insulating film 17 made of SiN, respectively.



(51) Int.Cl.⁷
H 0 1 S 5/30

識別記号

F I
H 0 1 S 3/18テーマコード(参考)
5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-230608

(22) 出願日 平成10年8月17日 (1998. 8. 17)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 桑 雅博

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 木戸口 勲

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100077931

弁理士 前田 弘 (外2名)

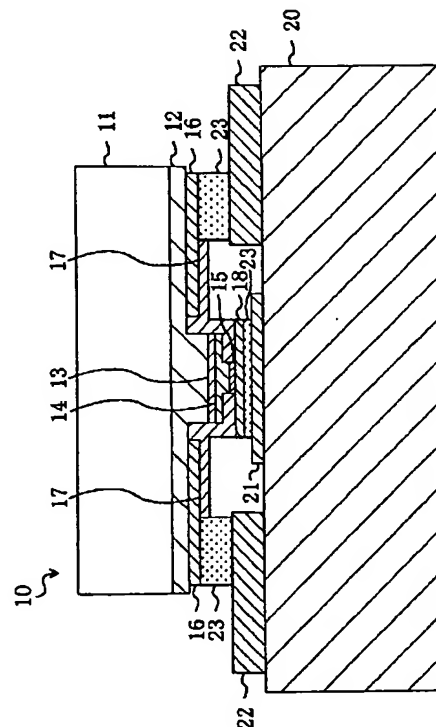
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置及び半導体レーザ素子

(57) 【要約】

【課題】 低抵抗化を図る半導体レーザ素子のジャンクションダウン・ボンディングを容易に且つ確実に行なえるようにし、また、基板の劈開時のリッジ部を保護できるようにする。

【解決手段】 基板11のエピタキシャル層における中央部には、n型半導体層12、活性層13及びp型半導体層14を含む凸状部からなる共振器形成部が形成されている。共振器形成部におけるp型半導体層14の上部には中央部がストライプ状に突出したリッジ部14aが形成されている。共振器形成部の側方であって、n型半導体層12の露出部には、Ti/Alからなるn側電極16が形成されている。n側電極16のp側電極15側の領域、並びにp側電極15を除く共振器形成部の上面及び側面は、それぞれSiNからなる絶縁膜17に覆われている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁性基板の主面上に順次形成された第1導電型の第1の半導体層、活性層及び第2導電型の第2の半導体層からなり、前記第1の半導体層が前記第2の半導体層側に露出部を有する積層体と、前記第1の半導体層の露出部に設けられた第1のレーザ電極と、前記第2の半導体層における前記第1の半導体層の反対側の面に設けられた第2のレーザ電極とを有する半導体レーザ素子と、

主面上における前記第1のレーザ電極と対向する位置に第1の保持体電極を有すると共に前記第2のレーザ電極と対向する位置に第2の保持体電極を有しており、主面が前記絶縁性基板の主面と互に対向すると共に、前記第1のレーザ電極と前記第1の保持体電極とが接続し且つ前記第2のレーザ電極と前記第2の保持体電極とが接続するように前記半導体レーザ素子を保持している保持体とを備え、

前記第1のレーザ電極における前記第2のレーザ電極側の領域は絶縁膜に覆われており、

前記第1の保持体電極は、前記第1のレーザ電極における前記絶縁膜に覆われていない領域と接続されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 絶縁性基板の主面上に順次形成された第1導電型の第1の半導体層、活性層及び第2導電型の第2の半導体層とからなる積層体と、

前記積層体の上側部分に、前記第1の半導体層、活性層及び第2の半導体層を含むように形成された凸状部からなり、レーザ光の出射方向を規制する共振器形成部と、前記第1の半導体層の上における前記共振器形成部の側方に設けられた第1のレーザ電極と、

前記共振器形成部の上部のほぼ中央部に互いに間隔をおいて形成され且つ出射方向に延びる一対の溝部同士の間

に設けられたリッジ部と、

前記リッジ部の上面に設けられた第2のレーザ電極とを備えていることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項3】 絶縁性基板の主面上に順次形成された第1導電型の第1の半導体層、活性層及び第2導電型の第2の半導体層とからなる積層体と、

前記積層体の上部に前記第1の半導体層に達するように形成され、レーザ光の出射方向を規制する溝部と、

前記積層体における前記溝部の側方に形成され、前記第1の半導体層、活性層及び第2の半導体層を含む共振器形成部と、

前記積層体における前記溝部に対して前記共振器形成部と反対側の領域に形成され、基板面からの高さが前記共振器形成部の基板面からの高さとはほぼ等しいダミーポストと、

前記溝部の内部における前記第1の半導体層の上に設けられた第1のレーザ電極と、

前記共振器形成部における前記第2の半導体層の上に設

けられ、レーザ光の出射方向にストライプ状に延びる第2のレーザ電極と、

前記第1のレーザ電極、前記ダミーポストの側面及び上面に跨るように形成された配線電極とを備えていることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項4】 前記絶縁性基板よりも熱伝導率が大きい絶縁体からなり、

主面上における前記第1のレーザ電極と対向する位置に第1の保持体電極を有すると共に前記第2のレーザ電極と対向する位置に第2の保持体電極を有しており、主面が前記絶縁性基板の主面と互に対向すると共に、前記第1のレーザ電極と前記第1の保持体電極とが導電性接合材を介して接続し且つ前記第2のレーザ電極と前記第2の保持体電極とが導電性接合材を介して接続するように前記半導体レーザ素子を保持している保持体をさらに備えていることを特徴とする請求項3に記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】 前記溝部には、酸化アルミニウム、窒化シリコン、窒化アルミニウム又はダイヤモンドからなる充填材が充填されていることを特徴とする請求項4に記載の半導体レーザ装置。

【請求項6】 第1導電型を有する導電性基板の主面上に順次形成された第1導電型の第1の半導体層、活性層及び第2導電型の第2の半導体層とからなる積層体と、前記導電性基板の下面に設けられた第1のレーザ電極と、

前記積層体の上部に互いに間隔をおいて形成され且つレーザ光の出射方向に延びる一対の溝部同士の間

に設けられたリッジ部と、

前記リッジ部の上面に設けられた第2のレーザ電極とを備えていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項7】 前記積層体の上における前記リッジ部を除く領域には前記溝部を含む全面にわたって絶縁膜が形成されていることを特徴とする請求項6に記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体レーザ装置に関し、特に、窒化物系化合物半導体レーザ素子を確実に実装できる構造を有する半導体レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】窒化物系化合物半導体レーザ装置は、活性層にInGa_{0.5}Nからなる混晶を用い、クラッド層にAlGa_{0.5}Nからなる混晶を用いることにより、波長が400nm～430nmの青紫色のレーザ光を発振できるため、高密度光ディスク用の光源として実用化が期待されている。

【0003】最近、中村らはサファイア基板上に有機金属気相エビタキシ(MOVPE)法により作製した半導体レーザ素子を用いて、室温で1000時間を超える連

続動作に成功している (Appl. Phys. Lett., Vol. 72, No. 2, pp. 211-213, 1998)。

【0004】サファイアからなる絶縁性基板上に、n型半導体とp型半導体とを積層したpn接合からなる半導体レーザ素子の場合、p型半導体に電流を流すp側電極とn型半導体に電流を流すn側電極とを基板の同一面側に、すなわち、エピタキシャル層側に形成しなければならない。

【0005】以下、特開平9-321381号公報に開示されている従来の窒化物系半導体レーザ素子について図面を参照しながら説明する。

【0006】図6は従来の窒化物系半導体レーザ素子におけるレーザ光の出射方向に垂直な方向の断面構成を概略的に示している。図6に示すように、サファイアからなる基板101上には、n型半導体層102、活性層103及びp型半導体層104が順次形成されている。p型半導体層104の上部には断面凸形状でレーザ光の出射方向に延びる畝状のリッジ部104aが形成され、該リッジ部104aの上面上にはp側電極105が形成され、リッジ部104aの両側にはn型半導体層102が露出し、露出した領域にn側電極106が形成されている。

【0007】このように、n側電極106をp側電極105の両側に形成することによって、n側電極106とn型半導体層102との接触面積を大きくしている。このため、n側電極106のコンタクト抵抗が小さくなって動作電圧が低減すると共に、p側電極105の両側に電流を流すことにより、活性層103に注入される電流の偏りがなくなるので、光出力特性が向上する。

【0008】図6に示すように、p側電極105から流入する電流はn型半導体層102を基板面に平行に流れるが、n型半導体層102の厚さが $2\mu\text{m}$ ～ $3\mu\text{m}$ と小さいため、抵抗(シート抵抗)により電圧が上昇する。従って、n側電極106のp側電極105側の端部とp側電極105のn側電極106側の端部との間隔d1は小さい程望ましく、本公報においては間隔d1を $100\mu\text{m}$ 以下と規定している。

【0009】一般に、半導体レーザ素子は活性層や電極等の抵抗値が大きい領域で発熱するため、発生する熱を効率良く放熱することがレーザ素子の長寿命化を図る上で重要となる。このため、素子形成面側(pn接合側)を熱伝導率の大きい保持体(マウント)とボンディングを行なうことにより、放熱の効率を向上させている。ここで、ジャンクションダウン・ボンディングとは、絶縁性で且つ熱伝導率の大きい炭化珪素(SiC)、ダイヤモンド(C)、窒化ホウ素(BN)又は窒化アルミニウム(AlN)等からなる保持体の主面上にレーザ素子のp側電極及びn側電極にそれぞれ対向する電極を設けてお

き、レーザ素子の電極と支持体の電極とを電気伝導及び熱伝導に優れる半田材や銀ペースト材を用いて接合する方法をいう。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記従来の窒化物系半導体レーザ素子は、ジャンクションダウン・ボンディングを行わずに、熱伝導率が小さい基板101側を保持体とボンディングしているため、レーザ素子の温度上昇が著しく、レーザ素子の特性や信頼性が低くなる。

【0011】このため、前記従来の窒化物系半導体レーザ素子のようにp側電極105とn側電極106との距離を極めて小さくして低抵抗化を図ったレーザ素子を放熱性の向上のためにジャンクションダウン・ボンディングを行なおうとすると、保持体との位置合わせが困難となるという第1の問題が生じる。

【0012】すなわち、図6に示すように、p側電極105とn側電極106との間隔d1が $100\mu\text{m}$ 以下となると、n側電極106同士の間隔d2が、幅が $10\mu\text{m}$ 以下のp側電極と合わせて $210\mu\text{m}$ 以下となる。半導体レーザ素子の共振器長は 0.5mm ～ 1mm 程度であるため、保持体の主面上における、レーザ素子のn側電極に挟まれるp側電極と対向する電極は幅寸法が長さ寸法と比べて極めて小さい形状となり、レーザ素子と保持体とを精度良く位置合わせを行なわないと、レーザ素子のp側電極が保持体のn側電極と、また、レーザ素子のn側電極が保持体のp側電極とショートしやすくなる。

【0013】また、半導体レーザは結晶面を共振器ミラーとして機能させており、この共振器ミラーの形成はサファイアからなる基板を適当に劈開することにより行なっている。窒化物半導体は六方晶系の結晶構造を有しており、立方晶のヒ化ガリウム(GaAs)やリン化インジウム(InP)と比べて劈開性が弱く、劈開により共振器ミラーを形成することは困難である。

【0014】しかも、サファイア上にエピタキシャル成長する窒化物半導体はサファイアの結晶面と 30° ずれているため、サファイアが劈開しやすい面と窒化物半導体結晶が劈開しやすい面とが一致せず、共振器ミラーを劈開により形成することを一層困難にしている。

【0015】窒化物半導体層からミラー面を得るにはA面(= (1-100)面)が得やすいが、このときのサファイアはA面と 30° ずれたM面となって基板が良好に劈開されない。従って、基板が良好に劈開されない、エピタキシャル層もクラックが入りやすくなり、特に、図6に示すリッジ部104aが欠けやすくなるという第2の問題がある。なお、本願においては、面方位の指数のうち負符号「-」に続く指数を反転した指数とする。

【0016】前記の特開平9-321381号公報にお

いては、劈開後の共振器面を研磨している。このとき、リッジ部104aの欠けた部分が大きいと、損傷部分に対して研磨を行なって該損傷部分をすべて取り除かなければならず、長時間の研磨を必要とする上に、研磨による研磨くずのミラー面へのコンタミネーションや研磨時の発熱等の新たな問題が発生する。従って、劈開時のリッジ部104a周辺部への損傷をできるだけ抑えることが重要となる。

【0017】本発明は、前記従来の問題を解決し、低抵抗化を図る半導体レーザ素子のジャンクションダウン・ボンディングを容易に且つ確実にこなえるようにすることを第1の目的とし、基板の劈開時のリッジ部を保護できるようにすることを第2の目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明に係る半導体レーザ装置は、前記第1の目的を達成し、絶縁性基板の主面上に順次形成された第1導電型の第1の半導体層、活性層及び第2導電型の第2の半導体層からなり、第1の半導体層が第2の半導体層側に露出部を有する積層体と、第1の半導体層の露出部に設けられた第1のレーザ電極と、第2の半導体層における第1の半導体層の反対側の面に設けられた第2のレーザ電極とを有する半導体レーザ素子と、主面上における第1のレーザ電極と対向する位置に第1の保持体電極を有すると共に第2のレーザ電極と対向する位置に第2の保持体電極を有しており、主面が絶縁性基板の主面と互に対向すると共に、第1のレーザ電極と第1の保持体電極とが接続し且つ第2のレーザ電極と第2の保持体電極とが接続するように半導体レーザ素子を保持している保持体とを備え、第1のレーザ電極における第2のレーザ電極側の領域は絶縁膜に覆われており、第1の保持体電極は、第1のレーザ電極における絶縁膜に覆われていない領域と接続されている。

【0019】本発明の半導体レーザ装置によると、第1のレーザ電極における第2のレーザ電極側の領域は絶縁膜に覆われており、第1の保持体電極は、第1のレーザ電極における絶縁膜に覆われていない領域と接続されているため、低抵抗化のために第1のレーザ電極及び第2のレーザ電極との間隔を小さくした半導体レーザ素子であっても、半導体レーザ素子の内部においては動作電流が短い距離を流れる一方、保持体と対向する外部側は第1のレーザ電極と第2のレーザ電極との実質的な距離が大きくなるので、実装位置のマージンが大きくなる。

【0020】本発明に係る第1の半導体レーザ素子は、前記第2の目的を達成し、絶縁性基板の主面上に順次形成された第1導電型の第1の半導体層、活性層及び第2導電型の第2の半導体層とからなる積層体と、積層体の上側部分に、第1の半導体層、活性層及び第2の半導体層を含むように形成された凸状部からなり、レーザ光の出射方向を規制する共振器形成部と、第1の半導体層の上における共振器形成部の側方に設けられた第1のレー

ザ電極と、共振器形成部の上部のほぼ中央部に互いに間隔をおいて形成され且つ出射方向に延びる一対の溝部同士の間際に設けられたリッジ部と、リッジ部の上面に設けられた第2のレーザ電極とを備えている。

【0021】第1の半導体レーザ素子によると、凸状部からなる共振器形成部の上部のほぼ中央部に、互いに間隔をおいて形成され且つレーザ光の出射方向に延びる一対の溝部同士の間際に設けられたリッジ部を備えているため、共振器形成部の上部におけるリッジ部の外側には該リッジ部の両端部を保護する領域が形成される。本願においては、この領域をダミーポストと呼ぶことにする。

【0022】本発明に係る第2の半導体レーザ素子は、第1の目的及び第2の目的を達成し、絶縁性基板の主面上に順次形成された第1導電型の第1の半導体層、活性層及び第2導電型の第2の半導体層とからなる積層体と、積層体の上部に第1の半導体層に達するように形成され、レーザ光の出射方向を規制する溝部と、積層体における溝部の側方に形成され、第1の半導体層、活性層及び第2の半導体層を含む共振器形成部と、積層体における溝部に対して共振器形成部と反対側の領域に形成され、基板面からの高さが共振器形成部の基板面からの高さとはほぼ等しいダミーポストと、溝部の内部における第1の半導体層の上に設けられた第1のレーザ電極と、共振器形成部における第2の半導体層の上に設けられ、レーザ光の出射方向にストライプ状に延びる第2のレーザ電極と、第1のレーザ電極、ダミーポストの側面及び上面に跨るように形成された配線電極とを備えている。

【0023】第2の半導体レーザ素子によると、積層体における溝部の側方に、基板面からの高さが共振器形成部の基板面からの高さとはほぼ等しいダミーポストを備えているため、基板の劈開時に第2の半導体層における第2のレーザ電極形成部分の損傷を防止できる。また、ダミーポストは基板面からの高さが共振器形成部の基板面からの高さとはほぼ等しくなるように形成されているため、ジャンクションダウン・ボンディングを行なう際に、保持体上に形成された第1のレーザ電極及び第2のレーザ電極とそれぞれ対向する保持体電極との接触がほぼ同時に行なわれるので、共振器形成部に加わる応力を小さくできる。

【0024】第2の半導体レーザ素子は、絶縁性基板よりも熱伝導率が高い絶縁体からなり、主面上における第1のレーザ電極と対向する位置に第1の保持体電極を有すると共に第2のレーザ電極と対向する位置に第2の保持体電極を有しており、主面が絶縁性基板の主面と互に対向すると共に、第1のレーザ電極と第1の保持体電極とが導電性接合材を介して接続し且つ第2のレーザ電極と第2の保持体電極とが導電性接合材を介して接続するように半導体レーザ素子を保持している保持体をさらに備えていることが好ましい。

【0025】第2の半導体レーザ素子において、該第2

の半導体レーザ素子が保持体にボンディングされている場合に、溝部に、酸化アルミニウム、窒化シリコン、窒化アルミニウム又はダイヤモンドからなる充填材が充填されていることが好ましい。

【0026】本発明に係る第3の半導体レーザ素子は、前記第2の目的を達成し、第1導電型を有する導電性基板の主面上に順次形成された第1導電型の第1の半導体層、活性層及び第2導電型の第2の半導体層とからなる積層体と、導電性基板の下面に設けられた第1のレーザ電極と、積層体の上部に互いに間隔をおいて形成され且つレーザ光の出射方向に延びる一対の溝部同士の間

に設けられたリッジ部と、リッジ部の上面に設けられた第2のレーザ電極とを備えている。

【0027】第3の半導体レーザ素子によると、導電性基板を用いた場合であっても、積層体の上部に互いに間隔をおいて形成され且つレーザ光の出射方向に延びる一対の溝部同士の間

に設けられたリッジ部を備えているため、積層体における各溝部に対するリッジ部と反対側の領域にはそれぞれ積層体の第2の半導体層が広がっているため、基板の劈開時に第2の半導体層における電極形成部分の損傷を防止できる。

【0028】第3の半導体レーザ素子において、積層体の上部におけるリッジ部の上面を除く領域には溝部を含む全面にわたって絶縁膜が形成されていることが好ましい。このようにすると、積層体のリッジ部の上面を除く領域に設けられた絶縁膜の上に配線電極を設ければ、該配線電極における溝部を除く領域が、積層体がエッチングされていない領域であるため、配線電極におけるリッジ部の基板面からの高さ

とほぼ等しくなる。

【0029】
【発明の実施の形態】（第1の実施形態）本発明に係る第1の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0030】図1は本発明の第1の実施形態に係る窒化物系半導体レーザ装置におけるレーザ光の出射方向に垂直な方向の断面構成を示している。図1において、10は半導体レーザ素子であり、20は半導体レーザ素子10を保持する、例えば、絶縁体で且つ熱伝導に優れるSiCからなる保持体である。図1に示すように、半導体レーザ素子10は、該半導体レーザ素子10の素子形成面が保持体20の主面と対向するジャンクションダウン・ボンディングにより接合されている。

【0031】半導体レーザ素子10は、C面（＝（0001）面）を持つサファイアからなる基板11の主面上に、n型Ga_{0.45}N及びn型Al_{0.55}GaNが積層されてなるn型半導体層12と、InGa_{0.49}Nを含む多重量子井戸構造を有する活性層13と、p型Ga_{0.45}N及びp型Al_{0.55}GaNが積層されてなるp型半導体層14とが順次形成された積層体としてのエピタキシャル層を有している。

【0032】基板11のエピタキシャル層における中央

部には、n型半導体層12、活性層13及びp型半導体層14を含む凸状部からなり、レーザ光の出射方向を規制する共振器形成部が形成されており、さらに、共振器形成部におけるp型半導体層14の上部には中央部がストライプ状に突出したリッジ部14aが形成されている。リッジ部14a上にはニッケル（Ni）／金（Au）又はマグネシウム（Mg）／金（Au）からなる第2のレーザ電極としてのp側電極15が形成されている。

【0033】共振器形成部の両側であって、n型半導体層12の露出部には、チタン（Ti）／アルミニウム（Al）又はチタン（Ti）／モリブデン（Mo）からなる第1のレーザ電極としてのn側電極16がそれぞれ形成されている。なお、p側電極15はp型Ga_{0.45}Nと接触し、n側電極16はn型Ga_{0.45}Nと接触する方がコンタクト抵抗を減らす上で有効である。

【0034】本実施形態の特徴として、n側電極16のp側電極15側の領域、並びにp側電極15を除く共振器形成部の上面及び側面は、それぞれ窒化シリコン（Si₃N₄）、酸化シリコン（SiO₂）又は酸化アルミニウム（Al₂O₃）からなる絶縁膜17に覆われている。

【0035】共振器形成部のp側電極15及び絶縁膜17を含む上面にはp側配線電極18が形成されている。ここで、p側配線電極18には、チタン（Ti）／金（Au）、クロム（Cr）／金（Au）又はチタン（Ti）／白金（Pt）／金（Au）が用いられる。

【0036】保持体20の主面上には、半導体レーザ素子10のp側配線電極18及びn側電極16とそれぞれ対向する位置に第2の保持体電極としてのp側保持体電極21及び第1の保持体電極としてのn側保持体電極22がそれぞれ形成されており、保持体20の主面と半導体レーザ素子10の主面側とを対向させることにより該半導体レーザ素子10を保持している。互に対向するp側配線電極18及びp側保持体電極21並びにn側電極16及びn側保持体電極22はそれぞれ電気伝導及び熱伝導に優れる鉛スズ系の半田、金スズ系の半田又は銀ペーストからなる導電性接合材23により接合されている。

【0037】このように、本実施形態によると、半導体レーザ素子10は、p側電極15とn側電極16との距離を短縮して低抵抗化を図りながら、n側電極16のp側電極15側の一部分の領域が絶縁膜17により覆われているため、保持体20にボンディングする際に各保持体電極21、22との接続位置のマージンが実質的に大きくなる。従って、ジャンクションダウン・ボンディング時の各電極間のショートを防止できる。これにより、窒化物系の半導体レーザ素子10の低抵抗化と放熱性の向上とを両立できる。

【0038】なお、保持体20に形成されたp側保持体電極21とn側保持体電極22との距離を大きくするだ

けでは、半導体レーザ素子10を保持体20にボンディングする際に保持体20の主面に対して半導体レーザ素子10が回転してずれると、例えば、半導体レーザ素子10のn側電極16とp側保持体電極21とがショートするおそれがある。

【0039】以下、前記のように構成された窒化物系半導体レーザ装置の製造方法の概略を説明する。

【0040】まず、主面にC面を持つサファイアからなる基板11上に、例えば、III族源であるトリメチルガリウム(TMG)、トリメチルアルミニウム(TMA)及びトリメチルインジウム(TMI)並びに窒素源であるアンモニア(NH₃)を原料とするMOVPE法を用いて、基板温度を1000℃に加熱しながら、n型半導体層12、活性層13及びp型半導体層14を順次エピタキシャル成長させることにより、窒化物半導体からなる積層体を形成する。

【0041】ここで、n型半導体層12にはn型ドーパントであるシリコン(Si)をドーブし、p型半導体層14にはp型ドーパントであるマグネシウム(Mg)をドーブする。また、絶縁性の基板11には、サファイアに限らず、スピネル(MgAl₂O₄)、酸化マグネシウム(MgO)又は酸化亜鉛(ZnO)等の単結晶を用いてもよい。

【0042】次に、エピタキシャル層が形成された基板11を反応炉から取り出し、p型半導体層14の上面の所定領域に、例えばNi及びAuを順次蒸着させてp側電極15を形成する。その後、基板11をイオンミリング装置に投入し、p側電極15をマスクとしてアルゴン(Ar)イオンを用いてp型半導体層14に対してエッチングを行なうことにより、p型半導体層14からなり幅が約3μmのリッジ部14aを形成する。

【0043】次に、基板11上の共振器形成部をマスクし、イオンミリング装置又は反応性イオンエッチング装置を用いてn型半導体層12が露出するまでエッチングを行なうと、n型半導体層12、活性層13及びp型半導体層14を含む凸形状の共振器形成部を形成する。

【0044】次に、n型半導体層12上における共振器形成部の両側に、例えばTi及びAlを順次蒸着させ、幅が約150μmで且つp側電極15の側部との間隔が20μm程度のn側電極16を形成する。

【0045】次に、n側電極16のp側電極15側の領域並びにp側電極15を除く共振器形成部の上面及び側面に、例えばSiNからなる絶縁膜17を堆積させる。その後、共振器形成部のp側電極15及び絶縁膜17を含む上面にp側配線電極18を形成して、リッジ部14a上の幅が極めて小さいp側電極15の幅を実質的に広くすることにより、電流の注入を容易にする。

【0046】次に、基板11の裏面に対して厚さが70μmとなるまで研磨を行ない、続いて、ダイヤモンドスクライバを用いて基板11を劈開して共振器長が約70

0μmの半導体レーザ素子10を得る。

【0047】続いて、各保持体電極21、22が形成された保持体20の主面と半導体レーザ素子10の素子形成面とを各電極が対向するように位置合わせを行ない、その後、例えば鉛スズ系の半田からなる導電性接合材23を用いて保持体20と半導体レーザ素子10とを接合する。

【0048】このようにして得られた半導体レーザ装置にパルス電流を印加して波長が400nm前後のレーザ光を発振させたところ、発振動作電流が100mAの場合に、光出力が5mWで動作電圧が5Vの優れた電氣的・光学的特性を示すことを確認している。

【0049】なお、本実施形態においては、活性層13を含む共振器形成部が基板11上に突出する形状としたが、これに限らず、活性層13がエピタキシャル層中に埋め込まれた埋め込みヘテロ(BH)型レーザ装置であってもよい。

【0050】また、n側電極16を共振器形成領域の両側に設けたが、いずれか一方でもよい。

【0051】また、保持体20に、SiCを用いたが、これに限らず、絶縁体で且つ熱伝導率が高いBN、AlN又はダイヤモンドを用いてもよい。

【0052】(第2の実施形態)以下、本発明に係る第2の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0053】図2は本発明の第2の実施形態に係る窒化物系半導体レーザ素子におけるレーザ光の出射方向に垂直な方向の断面構成を示している。図2に示すように、半導体レーザ素子30Aは、C面を持つサファイアからなる基板31の主面上に、n型GaN及びn型AlGaNが積層されてなるn型半導体層32と、InGaNを含む多重量子井戸構造を有する活性層33と、p型GaN及びp型AlGaNが積層されてなるp型半導体層34とが順次形成された積層体としてのエピタキシャル層を有している。

【0054】基板31のエピタキシャル層における中央部には、n型半導体層32、活性層33及びp型半導体層34を含むように形成された凸状部からなり、レーザ光の出射方向を規制する共振器形成部1が形成されている。さらに、共振器形成部1におけるp型半導体層34の上部のほぼ中央部には、互いに間隔をおき且つ出射方向に延びる一対の溝部に挟まれた幅が約3μmのリッジ部34aが形成されている。また、共振器形成部1の上部におけるリッジ部34aの両側部側には、一対の溝部によりリッジ部34aと分離された、それぞれ幅が約30μmの一対のダミーポスト34bが形成されている。

【0055】リッジ部34aの上面には、例えばNi/Auからなる第2のレーザ電極としてのp側電極35が形成され、n型半導体層32上における共振器形成部1の両側には、例えばTi/Alからなり、幅が約150μmの第1のレーザ電極としてのn側電極36がそれぞ

れ形成されている。

【0056】n側電極36の共振器形成部1側の領域並びにp側電極35を除く共振器形成部1の上面及び側面は、それぞれSi_nからなる絶縁膜37A、37Bに覆われており、共振器形成部1のp側電極35及び絶縁膜37Bを含む頂面のほぼ全面には、例えばTi/Auからなるp側配線電極38が形成されている。

【0057】さらに、n型半導体層32上における、各n型電極36に対する共振器形成部1の反対側の領域には、例えばTi/Auからなるn側配線電極39が各n型電極36との重なり部分の幅が約50μmとなるように形成されている。

【0058】このように、本実施形態によると、半導体レーザ素子30Aにおける活性層33にストライプ状に電流を注入するリッジ部34aの両側を溝部で分離された一対のダミーポスト34bを有しているため、共振器ミラー形成時に、リッジ部34aが欠けてしまうという不具合を防止でき、面が平坦な劈開面を得やすくなる。良好な劈開面が得られれば、レーザ共振器ミラーは完成となるが、劈開面に凹凸が残る場合には、さらに研磨による仕上げが必要となる。この場合でも、劈開時にリッジ部34aが欠けにくくなるので、研磨時間を短くすることができスループットが向上する。ちなみに、第1の実施形態においてはミラー形成時の歩留まりが60%であったが、第2の実施形態においては90%にまで向上している。

【0059】また、p側電極35とn側電極36との間隔を短縮して低抵抗化を図りながら、n側電極36のp側電極35側が絶縁膜37Aにより覆われているため、保持体（図示せず）にボンディングする際に各保持体電極との接合位置のマージンが実質的に大きくなる。従って、ジャンクションダウン・ボンディング時の各電極間のショートを防止できる。これにより、窒化物系の半導体レーザ素子30Aの低抵抗化と放熱性の向上とを両立できると共に、リッジ部34aの形成時の歩留まりを向上できる。

【0060】以下、前記のように構成された半導体レーザ素子30Aの製造方法について第1の実施形態の半導体レーザ素子10との差異のみを説明する。

【0061】まず、基板31上にエピタキシャル層を成長させた後、共振器形成部1上のリッジ部形成領域及びダミーポスト形成領域に、p型電極形成用で且つ溝部形成領域に開口部を持つ金属膜を形成し、該金属膜をマスクとしてp型半導体層34に対してイオンミリングによるエッチングを行なう。次に、ダミーポスト上の金属膜を除去し、共振器形成部1をマスクして、n型半導体層32に達するまでエッチングを行なって、断面凸状の共振器形成部1を形成する。

【0062】このようにして得られた半導体レーザ素子30Aにパルス電流を印加して波長が400nm前後の

レーザ光を発振させたところ、発振動作電流が100mAの場合に、光出力が5mWで動作電圧が5.5Vの電気的光学的特性を示すことを確認している。第1の実施形態と比べて動作電圧が上昇したのは、p側電極35とn側電極36との距離が50μmに増加したためと思われる。

【0063】（第3の実施形態）以下、本発明に係る第3の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0064】図3は本発明の第3の実施形態に係る窒化物系半導体レーザ素子におけるレーザ光の出射方向に垂直な方向の断面構成を示している。図3において、図2に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0065】第2の実施形態との差異は、共振器形成部1の上部に、p型半導体層34からなり凸状部を有するリッジ部34aのみが形成されており、ダミーポスト34bが、共振器形成部1を形成する溝部2を挟んで両端部に形成されている点である。さらに、各n側配線電極39が、絶縁膜37Cを介在させて、溝部2の底部に設けられたn側電極36の上面の一部分、ダミーポスト34bの側面及び上面に跨るように形成されている点である。

【0066】このようにすると、リッジ部34aの基板面からの高さやダミーポスト34bの基板面からの高さや、リッジ部34a及びダミーポスト34bが共にエッチングされていないため、ほぼ同一となっている。従って、半導体レーザ素子30Bのp側電極35及びn側電極36が実質的にほぼ同一の高さとなるため、保持体にダウン・ボンディングする際に、p側電極35及びn側電極36の双方が該保持体上の各電極とほぼ同時に接合するので、リッジ部34a、すなわち活性層33に加わる応力を小さくできる。その結果、歪によるレーザ特性への悪影響、例えば偏光面がずれる等の悪影響を防ぐことができるので、半導体レーザ素子30Bの信頼性が向上する。

【0067】また、ダミーポスト34bをn側電極36に対するp側電極35の反対側に設けているため、p側電極35とn側電極36との間の距離を短縮できるので、動作電圧の上昇を招くことなく、リッジ部34aの劈開時の損傷を防止できる。

【0068】以下、前記のように構成された半導体レーザ素子30Bの製造方法について第1の実施形態の半導体レーザ素子10との差異のみを説明する。

【0069】まず、基板31上にエピタキシャル層を成長させた後、共振器形成部1上にp型電極形成用の金属膜を形成し、該金属膜をマスクとしてp型半導体層34に対してイオンミリングによるエッチングを行なって、リッジ部34aを形成する。次に、共振器形成部1及びダミーポスト形成領域をマスクして、n型半導体層32に達するまで塩素（Cl）イオンを用いたドライエッチ

ングを行なうことにより、共振器形成部1とダミーポスト34bとを分離する一对の溝部2を形成する。

【0070】図4は本実施形態に係る半導体レーザ素子が保持体にボンディングされた状態の断面構成を示している。図4において、図3に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。図4に示すように、半導体レーザ素子30Bは、その共振器形成部側を、例えば、SiC又はBN等からなる保持体40の主面と対向させて保持体40とボンディングされている。

【0071】保持体40の主面上には、半導体レーザ素子30Bのp側配線電極38及びn側配線電極39とそれぞれ対向する位置に第2の保持体電極としてのp側保持体電極41及び第1の保持体電極としてのn側保持体電極42がそれぞれ形成されている。また、互いに対向するp側配線電極38及びp側保持体電極41並びにn側配線電極39及びn側保持体電極42はそれぞれ電気伝導及び熱伝導に優れた鉛スズ系の半田等からなる導電性接合材43により接合されている。

【0072】さらに、半導体レーザ素子30Bの溝部2には、熱伝導性に優れた絶縁体、例えばアルミナ(A1, O₂)からなる充填材44が充填されている。

【0073】これにより、共振器形成部1の両側部に比較的容積が大きい溝部2が形成されているにも関わらず、保持体40の主面と半導体レーザ素子30Bとが密着するので、活性層33からの発熱を保持体40側に効率良く伝えることができる。

【0074】このようにして得られた半導体レーザ装置は、波長が400nm前後の短波長のレーザ光を連続的に発振させることが可能であり、周囲温度を100℃にした場合でも連続発振が可能である。

【0075】なお、本実施形態においては、半導体レーザ素子30Bの溝部2を充填する充填材44にアルミナを用いたが、SiN、AlN又はダイヤモンドを用いてもよい。

【0076】また、一对の溝部2を設けることにより、一对のダミーポスト34bを設けたが、いずれか一方でもよい。

【0077】(第4の実施形態)以下、本発明に係る第4の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0078】図5は本発明の第4の実施形態に係る窒化物系半導体レーザ素子におけるレーザ光の射出方向に垂直な方向の断面構成を示している。図5に示すように、半導体レーザ素子50は、導電性を有する、例えば、SiC、GaN、GaAs又はSiからなる基板51の主面上に、n型GaN及びn型AlGaNが積層されてなるn型半導体層52と、InGaNを含む多重量子井戸構造を有する活性層53と、p型GaN及びp型AlGaNが積層されてなるp型半導体層54とが順次形成された積層体としてのエピタキシャル層を有している。

【0079】p型半導体層54の上部には、互いに間隔をおいてほぼ平行に形成されることによりレーザ光の射出方向を規制する一对の溝部2に挟まれたリッジ部54aが設けられ、該リッジ部54aが共振器形成部1を構成している。また、各溝部2に対するリッジ部54aの反対側の領域はそれぞれ広大なダミーポスト54bが形成されている。

【0080】リッジ部54aの上面にはp型半導体層54と接触する、例えばNi/Auからなる第2のレーザ電極としてのp側電極55が形成され、基板51の下面には、例えばTi/Alからなる第1のレーザ電極としてのn側電極56が全面にわたって形成されている。

【0081】p型半導体層54におけるリッジ部54aの上面を除く領域、すなわちp側電極55を除く領域に、例えばSiO₂又はSiNからなる絶縁膜57が形成され、基板51上のp側電極55を含む絶縁膜57の上に全面にわたって、例えばTi/Auからなるp側配線電極58が形成されている。

【0082】このように、本実施形態によると、基板に絶縁性を有する基板51を用いているため、基板51の下面にn側電極56を形成できる。これにより、電極形成工程を簡略化できる。

【0083】さらに、p側配線電極58における溝部2を除く領域は、p型半導体層54がエッチングされていない領域上に形成されているため、p側配線電極58における共振器形成部1と他の領域との基板面からの高さがほぼ等しくなる。従って、活性層53に対してリッジ部54a上のp側電極55からストライプ状に電流が注入できる上に、p型半導体層54のほぼ全面がp側配線電極58により覆われるため、ジャンクションダウン・ボンディングも容易となる。

【0084】また、溝部2は断面形状が比較的小さくて済むため、劈開時のリッジ部54aの損傷を防ぐ効果は極めて大きい。本実施形態の場合はミラー形成時の歩留まりは95%にもなる。

【0085】また、n側電極56は基板51の下面の全面に設けられているため、基板51の下面全体を通してキャリアを注入できるので、動作電圧を低減できる。

【0086】また、p側電極55及びn側電極56が基板51の両面に形成できるので、保持体(図示せず)の主面上にはp側電極及びn側電極の両方の電極を設ける必要がない。このため、Si又はCu等の導電性を持つ保持体を用いることができる。SiCを基板51に用いる場合は、基板自体の熱伝導が良いので、pn接合面(リッジ部54a形成)側を保持体と対向させない、いわゆるジャンクションアップ・ボンディングを行なっても、サファイアからなる基板を用いた場合のジャンクションダウン・ボンディングの場合よりも放熱特性に優れる。

【0087】また、SiCやGaNを基板51に用いる

と、エピタキシャル成長層の劈開方向と基板 51 の劈開方向とが一致するため、劈開によって極めて良好な共振器ミラー面を形成できる。

【0088】n 型 SiC からなる基板 51 上に半導体レーザ素子 50 を形成し、ジャンクションアップ・ボンディングにより保持体にボンディングされた半導体レーザ装置を測定した結果、動作電流が 100mA のときに動作電圧が 4.7V で周囲温度が 120℃ となるまで連続発振を行なえることを確認している。

【0089】なお、本願に係る半導体レーザ素子は、窒化物系化合物半導体レーザ素子に限らず、低抵抗化と放熱特性の向上を図る半導体レーザ素子に適用できる。

【0090】さらに、半導体レーザ素子に限らず、半導体層（素子形成面）とコンタクトを取る所定の電極の一部を絶縁膜で覆ったり、又は所定の電極に配線電極を接続したりして、発熱量が多い半導体層側を保持体と対向させてボンディングを行なうことにより放熱特性を向上させるという構成は、発光ダイオード等の発光素子、バイポーラトランジスタ又は電界効果トランジスタ等の電子デバイスに対しても有効である。

【0091】

【発明の効果】本発明の半導体レーザ装置によると、低抵抗化のために第 1 のレーザ電極及び第 2 のレーザ電極との間隔を小さくした半導体レーザ素子であっても、半導体レーザ素子の内部においては動作電流が短い距離を流れる一方、保持体と対向する外部側は第 1 のレーザ電極と第 2 のレーザ電極との実質的な距離が大きくなるので、実装位置のマージンが大きくなる。その結果、ジャンクションダウン・ボンディングを確実にこなえるため、動作電圧の低減と放熱特性の向上とを両立でき、窒化物系の半導体を用いた場合には、波長 400nm の青紫色半導体レーザの性能と信頼性とを向上でき、実用化に大きく寄与する。

【0092】本発明の第 1 の半導体レーザ素子によると、リッジ部の両側に該リッジ部の両端部を保護する領域（ダミーポスト）が形成されるため、共振器ミラーを劈開により形成する際に、リッジ部の損傷を防止できるので、製造時の歩留まりを高めることができる。

【0093】本発明の第 2 の半導体レーザ素子によると、共振器形成部の基板面からの高さとはほぼ等しい高さのダミーポストを備えているため、基板の劈開時に第 2 の半導体層における第 2 のレーザ電極形成部分の損傷を防止できるので、共振器ミラー形成時の歩留まりを向上できる。また、ダミーポストは共振器形成部とはほぼ同一の高さを有しているため、ジャンクションダウン・ボンディングを行なう際に、保持体上に形成された第 1 のレーザ電極及び第 2 のレーザ電極とそれぞれ対向する保持体電極との接触がほぼ同時に行なえるので、共振器形成部に加わる応力を小さくできる。これにより、歪によるレーザ特性への、偏光面がずれる等の悪影響を防ぐこと

ができるので、装置の信頼性が向上する。

【0094】第 2 の半導体レーザ素子は、絶縁性基板よりも熱伝導率が高い絶縁体からなり、主面上における第 1 のレーザ電極と対向する位置に第 1 の保持体電極を有すると共に第 2 のレーザ電極と対向する位置に第 2 の保持体電極を有しており、主面が絶縁性基板の主面と互いに対向すると共に、第 1 のレーザ電極と第 1 の保持体電極とが導電性接合材を介して接続し且つ第 2 のレーザ電極と第 2 の保持体電極とが導電性接合材を介して接続するように半導体レーザ素子を保持している保持体をさらに備えていると、ジャンクションダウン・ボンディングを確実にこなえる。

【0095】第 2 の半導体レーザ素子において、該第 2 の半導体レーザ素子が保持体にボンディングされている場合であって、溝部に、酸化アルミニウム、窒化シリコン、窒化アルミニウム又はダイヤモンドからなる充填材が充填されていると、保持体の主面と半導体レーザ素子の素子形成面とが密着するので、活性層からの発熱を保持体側に効率良く伝えることができる。その結果、装置の長期信頼性を一層高めることができる。

【0096】本発明の第 3 の半導体レーザ素子によると、導電性基板を用いた場合であっても、積層体に形成された溝部の外側の領域にはそれぞれ積層体の第 2 の半導体層が広がっているため、リッジ部のみが突出することがない。このため、基板の劈開時に第 2 の半導体層における電極形成部分の損傷を防止できるので、共振器ミラー形成時の歩留まりを向上できる。

【0097】第 3 の半導体レーザ素子において、積層体におけるリッジ部を除く領域には溝部を含む全面にわたって絶縁膜が形成されていると、該絶縁膜の上に配線電極を設ければ、活性層に対してリッジ部上の電極からストライプ状に電流が注入できる上に、積層体の第 2 の半導体層のほぼ全面が配線電極により覆われ、且つ、配線電極におけるリッジ部と他の領域との基板面からの高さがほぼ等しくなるため、ジャンクションダウン・ボンディングが容易となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る窒化物系半導体レーザ装置を示す構成断面図である。

【図 2】本発明の第 2 の実施形態に係る窒化物系半導体レーザ素子を示す構成断面図である。

【図 3】本発明の第 3 の実施形態に係る窒化物系半導体レーザ素子を示す構成断面図である。

【図 4】本発明の第 3 の実施形態に係る窒化物系半導体レーザ素子であって、保持体にボンディングされた状態を示す構成断面図である。

【図 5】本発明の第 4 の実施形態に係る窒化物系半導体レーザ素子を示す構成断面図である。

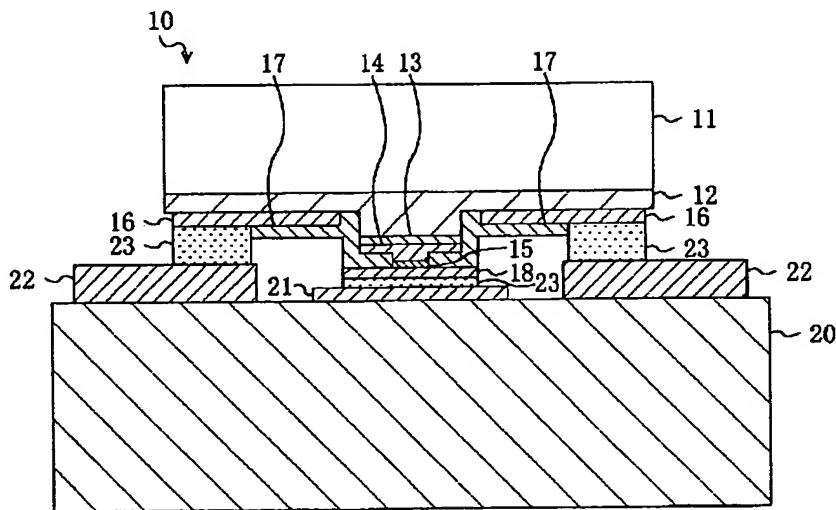
【図 6】従来の窒化物系半導体レーザ素子を示す構成断面図である。

【符号の説明】

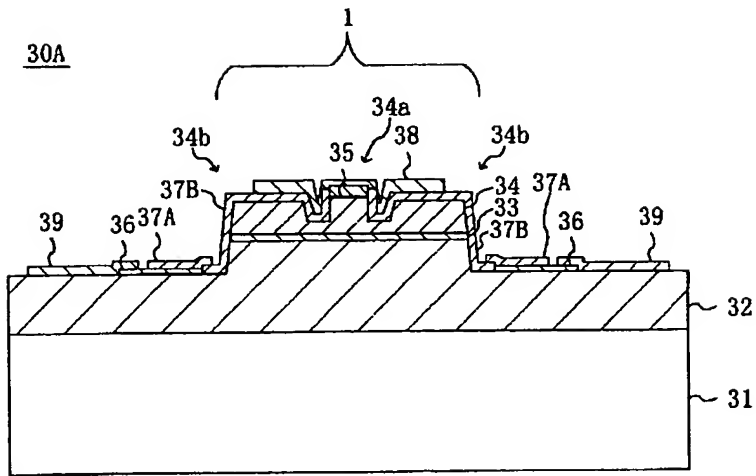
- 1 共振器形成部
- 2 溝部
- 10 半導体レーザ素子
- 11 基板
- 12 n型半導体層（第1の半導体層）
- 13 活性層
- 14 p型半導体層（第2の半導体層）
- 14 a リッジ部
- 15 p側電極（第2のレーザ電極）
- 16 n側電極（第1のレーザ電極）
- 17 絶縁膜
- 18 p側配線電極
- 20 保持体
- 21 p側保持体電極（第2の保持体電極）
- 22 n側保持体電極（第1の保持体電極）
- 23 導電性接合材
- 30 A 半導体レーザ素子
- 30 B 半導体レーザ素子
- 31 基板
- 32 n型半導体層（第1の半導体層）
- 33 活性層
- 34 p型半導体層（第2の半導体層）
- 34 a リッジ部

- | | | |
|----|---------|------------------|
| | * 3 4 b | ダミーポスト |
| | 3 5 | p側電極（第2のレーザ電極） |
| | 3 6 | n側電極（第1のレーザ電極） |
| | 3 7 A | 絶縁膜 |
| | 3 7 B | 絶縁膜 |
| | 3 7 C | 絶縁膜 |
| | 3 8 | p側配線電極（第2の保持体電極） |
| | 3 9 | n側配線電極（第1の保持体電極） |
| | 4 0 | 保持体 |
| 10 | 4 1 | p側保持体電極 |
| | 4 2 | n側保持体電極 |
| | 4 3 | 導電性接合材 |
| | 4 4 | 充填材 |
| | 5 0 | 半導体レーザ素子 |
| | 5 1 | 基板 |
| | 5 2 | n型半導体層（第1の半導体層） |
| | 5 3 | 活性層 |
| | 5 4 | p型半導体層（第2の半導体層） |
| | 5 4 a | リッジ部 |
| 20 | 5 4 b | ダミーポスト |
| | 5 5 | p側電極（第2のレーザ電極） |
| | 5 6 | n側電極（第1のレーザ電極） |
| | 5 7 | 絶縁膜 |
| * | 5 8 | p側配線電極 |

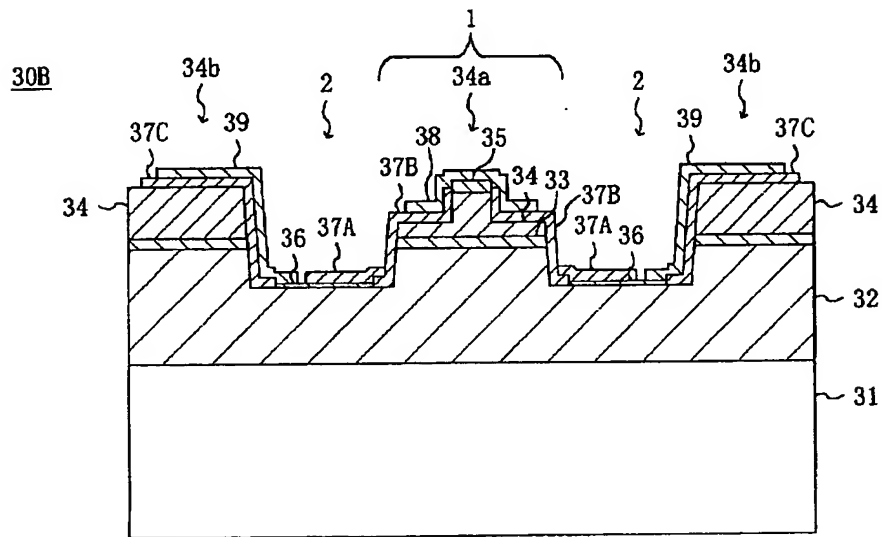
【圖 1】



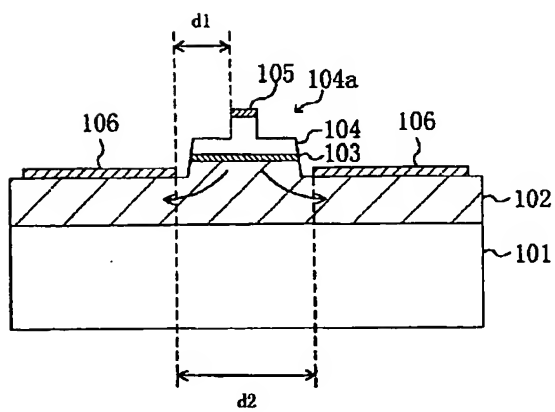
【図2】



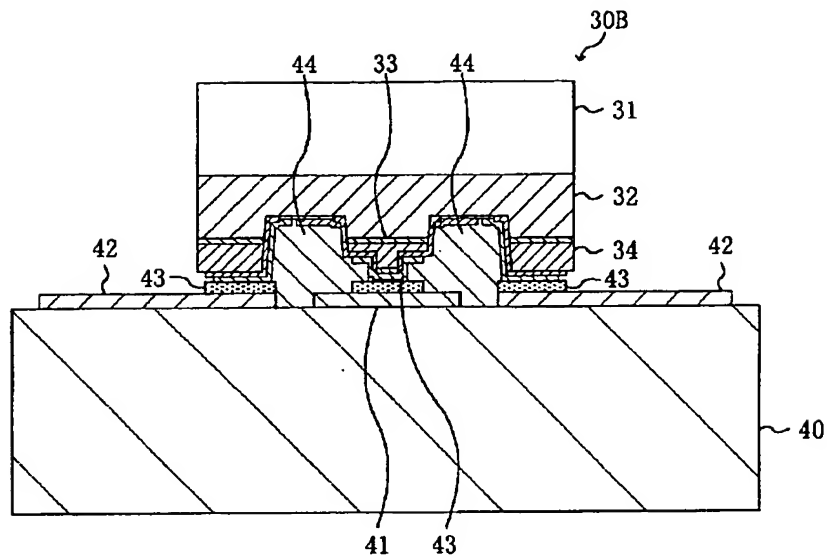
【図3】



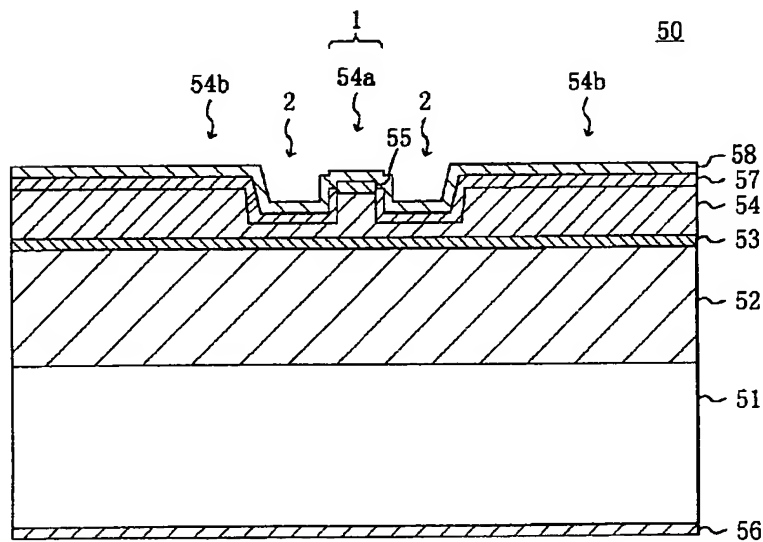
【図6】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 伴 雄三郎
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 上山 智
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 辻村 歩
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 石橋 明彦
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 長谷川 義晃
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 宮永 良子
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
Fターム(参考) 5F073 AA11 AA61 CA02 CB11 FA16